

РЕАЛІЗАЦІЙНІ МОДЕЛІ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО МАТРИЧНОГО КОРЕЛЯТОРА



Виконала: ст. 2 курсу гр. ЛОТ-15м

Видмиш І.Ю.

Науковий керівник: д.т.н., проф.

Мартинюк Т.Б.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Процес кореляції займає значне місце в обробці сигналів. Цей математичний апарат знайшов застосування в обробці зображень у сфері комп'ютерного зору та дистанційного зондування із супутників, в яких порівнюються дані з різних зображень, в радарних та гідроакустичних установках для дальнометрії і визначення місцезнаходження (пеленгації), в яких порівнюються передані і відбиті сигнали. Кореляційний процес використовується при детектуванні та ідентифікації сигналів в шумі, при організації технічного контролю для спостереження за впливом входу на вихід, при ідентифікації двійкових кодових слів в системі з імпульсно-ковою модуляцією, у звичайних схемах оцінки за методом найменших квадратів і в багатьох інших областях, зокрема, в кліматології.

В якості складових елементів систем обробки радіотехнічних сигналів на практиці широко застосовуються прилади, які називаються кореляторами, що використовуються у спеціалізованих обчислювальних пристроях для цифрової обробки та аналізу сигналів і зображень, що працюють в реальному часі.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є вдосконалення структурної організації та розробка варіанта реалізації оптоелектронного матричного корелятора з можливістю візуалізації результатів кореляційної обробки.

Вирішення науково-технічних завдань відповідно до поставленої мети включає наступні завдання:

- 1) проаналізувати існуючий стан побудови та застосування кореляторів;
- 2) провести аналіз характеристик матриць світлодіодів;
- 3) розробити структуру та принцип функціонування оптоелектронного матричного корелятора;
- 4) розробити структуру базових вузлів оптоелектронного матричного корелятора;
- 5) виконати комп'ютерне моделювання процесу кореляційної обробки.

Об'єкт дослідження – процес кореляційної обробки бінарних зображень.

Предмет дослідження – методи та засоби кореляційної обробки бінарних зображень.

Методи дослідження базуються на використанні теорії кореляційної обробки двовимірних зображень, схемотехнічного проектування цифрових пристроїв та комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Удосконалено метод формування цифрових значень кореляційного рельєфу шляхом тороїдальної топології зв'язків у кореляційній матриці, що дозволяє зменшити апаратні витрати кореляційної матриці до розміру поточного зображення.

2. Отримав подальший розвиток метод нормалізації кореляційної обробки зображень, що дозволяє перейти від багатоградаційного до бінарного результуючого кореляційного рельєфу, що в свою чергу, дозволяє не тільки зменшити апаратні витрати, але й збільшити наочність результату через використання світлодіодної матриці.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблено функціональну схему блока керування для оптоелектронного корелятора, яка дозволяє реалізувати ритмічну роботу всіх елементів оптоелектронного корелятора.

Реалізовано кореляційний процес за розмірністю вхідного зображення без додаткових рядків і стовпців матриці на робочій матриці, який дає можливість зменшити апаратні витрати на $(n-1) \times (m-1)$ елементів, де $n \times m$ - розмірність еталонного зображення.

Застосовано метод нормалізації вмісту матриці кореляційних коефіцієнтів, що забезпечує перехід від багатоградаційного до бінарного результуючого кореляційного рельєфу, який дозволяє не тільки зменшити апаратні витрати, але й збільшити наочність результату кореляції.

Достовірність теоретичних положень магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням фізичних моделей і математичних методів під час доведення наукових положень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів, з відомими, та збіжністю результатів математичного моделювання з результатами, що отримані під час впровадження розроблених програмних засобів із відомими теоретичними підходами.

Основні результати магістерської роботи доповідались та обговорювались на 7-й міжнародній науково-технічній конференції «Оптоелектронні інформаційні технології «Фотоніка ОДС – 2015» - Вінниця, 2015.

Публікації. За матеріалами магістерської роботи опубліковано 1 статтю у фаховому виданні, 1 тези у збірнику праць та один патент України на корисну модель.

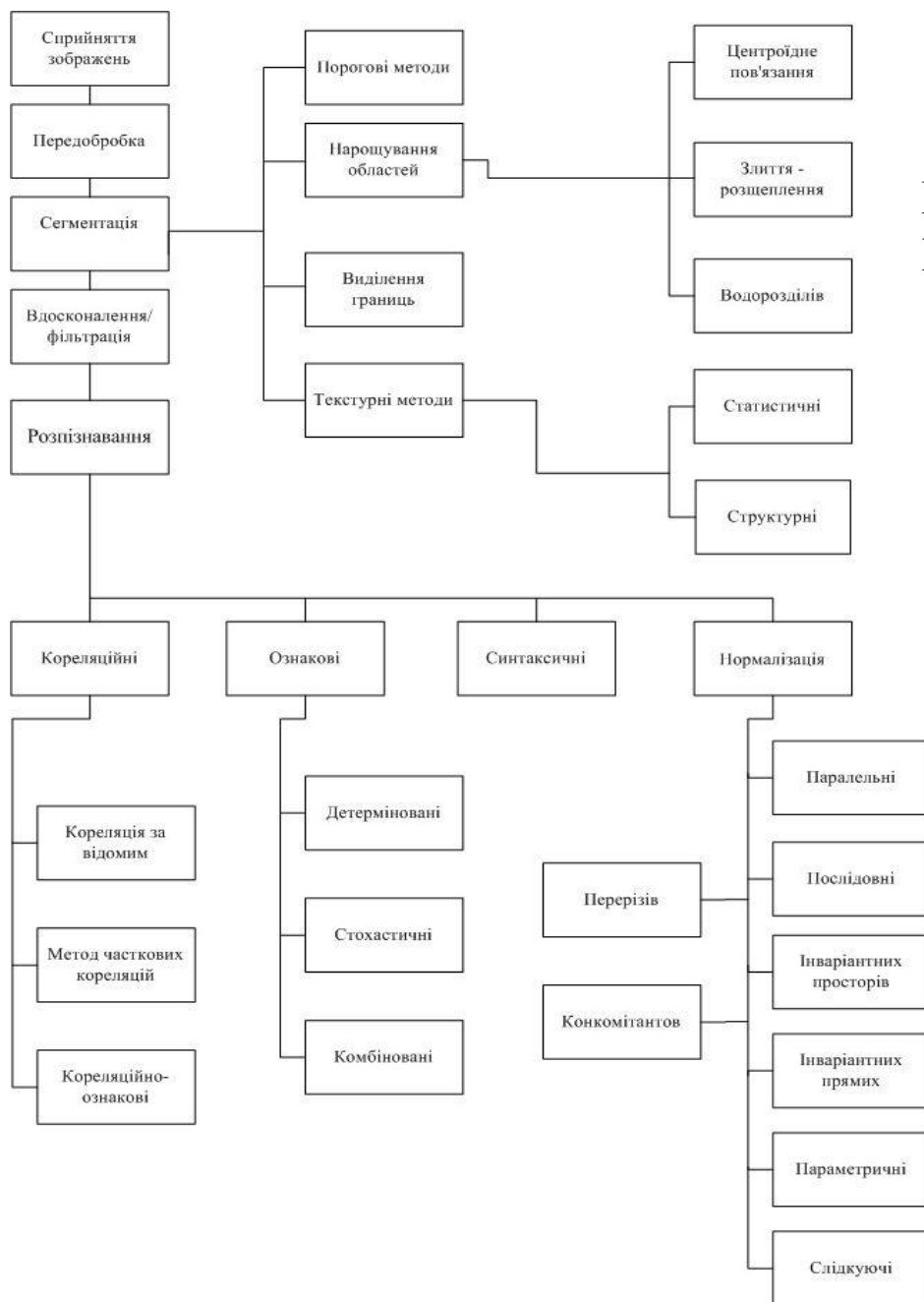
Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків та 10 додатків. Основний зміст магістерської роботи викладений на 89 сторінках. Магістерська містить 13 рисунків, 14 таблиць та посилань на 30 джерел.

КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Основним елементом будь-якого завдання розпізнавання зображень є відповідь на питання: чи відносяться вхідні зображення до класу зображень, що являє собою певний еталон. Для розв'язання задачі в цілому й на окремих її етапах застосовуються різні методи сегментації, нормалізації й розпізнавання зображень.

Розпізнавання - найчастіше кінцевий етап обробки, що лежить в основі процесів інтерпретації та розуміння.

Для реальних задач розпізнавання застосовуються в основному чотири підходи, що використовують методи: кореляційні, засновані на прийнятті рішень за критерієм близькості з еталонами; ознакові та синтаксичні.



КОРЕЛЯЦІЙНА ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ

Взаємнокореляційна функція (ВКФ) відноситься до достатніх статистик в задачах координатної прив'язки зображень та пошуку об'єктів при наявності гауссового шуму. Причому розмір та форма еталонного зображення при пошуку об'єктів повинні відповідати об'єкту, що розшукується, щоб виключити вплив неінформативних точок на точність визначення координат.

Базове кореляційне співвідношення для двовимірних зображень можна представити таким чином:

$$C(u, v) = \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N f(x + u, y + v) \cdot t(x, y).$$

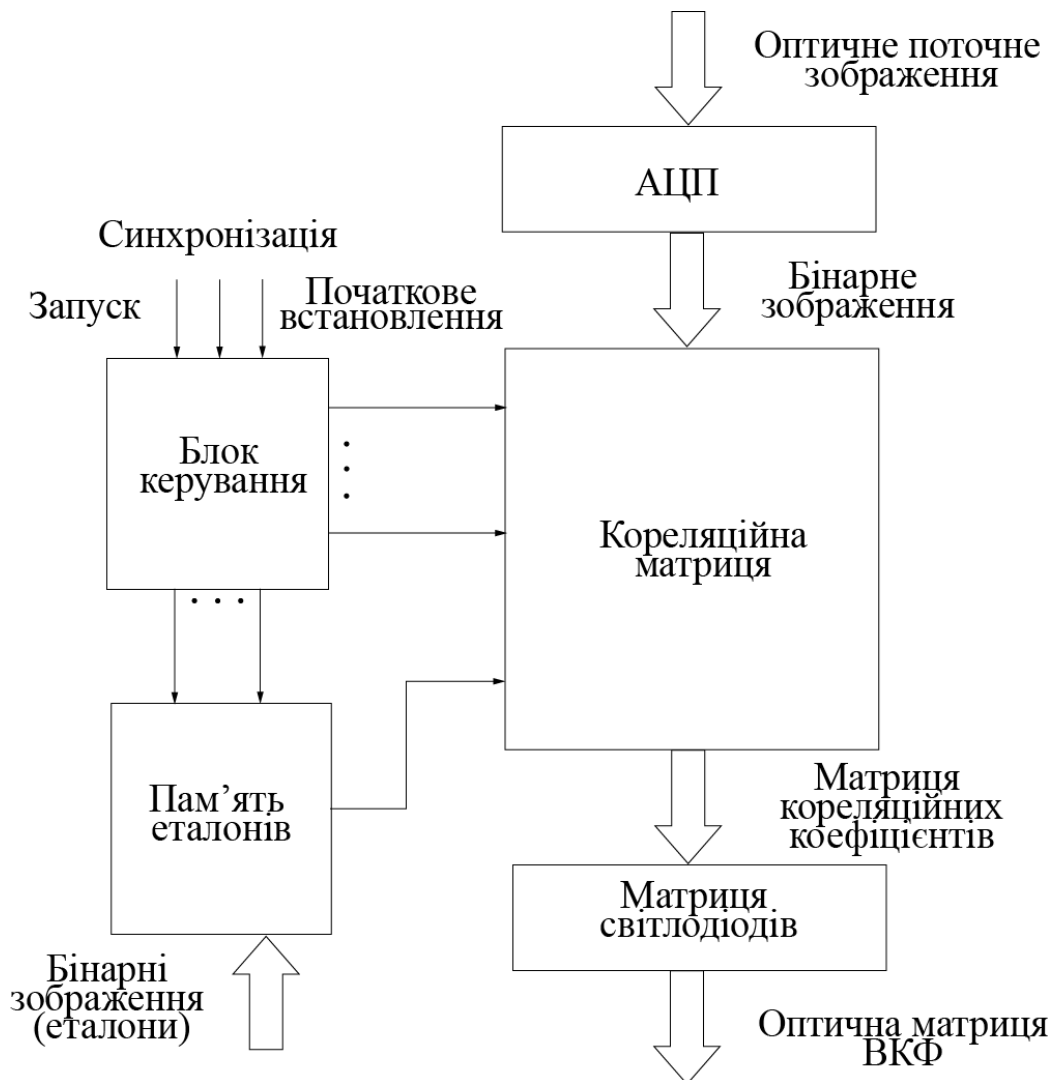
де u, v – координати фрагмента кадру, причому координати пікселів x, y змінюються в межах розміру $N \times M$ шаблону t .

Значення величини C з виразу в значній мірі залежить від величини яскравості шаблону та кадру. Вищу надійність при виявленні об'єкта забезпечує нормалізована кореляція, яка приймає значення в діапазоні $\in [0, +1]$. При цьому близьке до одиниці значення свідчить про високу подібність шаблону та фрагмента кадру, а рівне нулю про їх взаємне неспівпадіння.

Такий підхід можна реалізувати на відомій структурі оптоелектронного корелятора, яка містить матрицю обчислювальних комірок для визначення кореляційних коефіцієнтів, а також блок керування.

МАТРИЧНИЙ КОРЕЛЯТОР З НОРМАЛІЗОВАНОЮ ВЗАЄМНОКОРЕЛЯЦІЙНОЮ ФУНКЦІЄЮ

Слайд 8



Вихідні дані:

- поточне зображення – бінарне;
- еталонне зображення – бінарне;
- розмірність:

поточного зображення – $N \times M$
еталонного зображення – $n \times m$

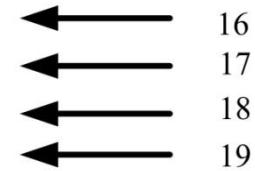
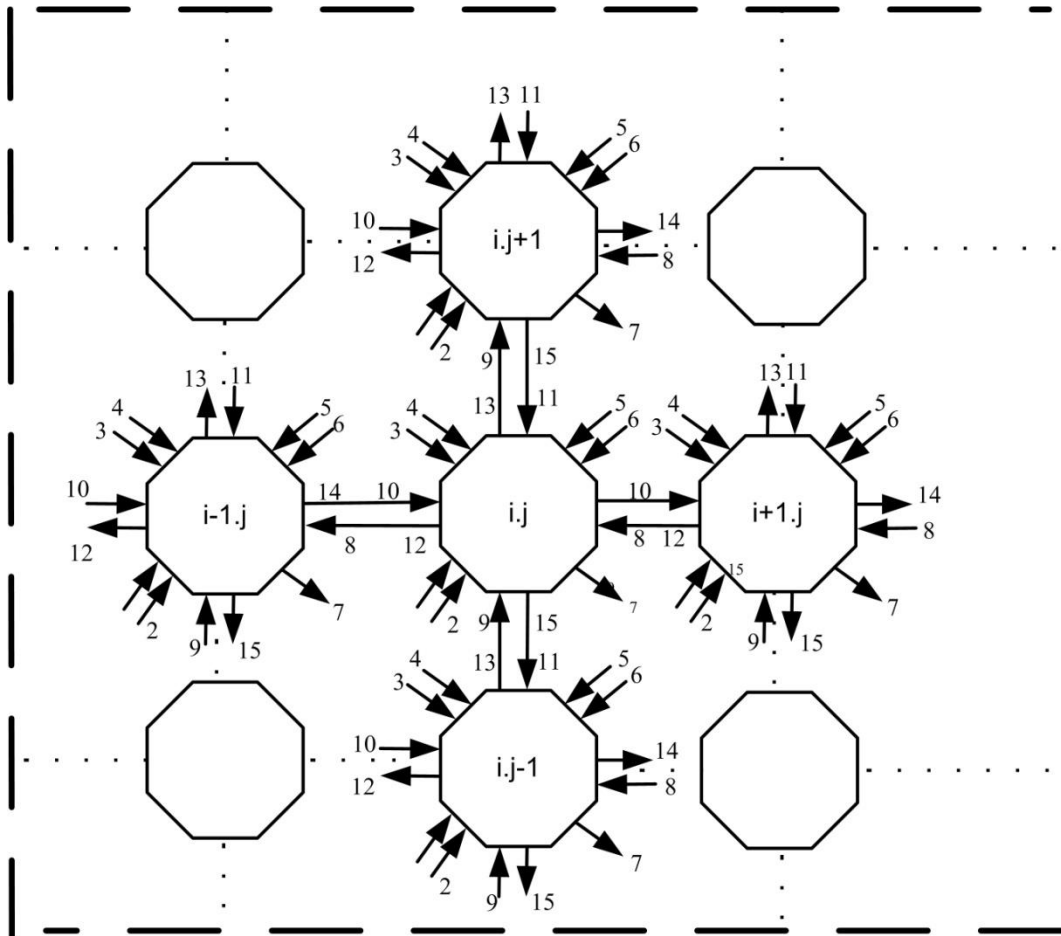
Призначення:

корелятор визначає місцезнаходження центра двовимірного еталонного зображення G на полі двовимірного поточного зображення F .

СТРУКТУРА КОРЕЛЯЦІЙНОЇ МАТРИЦІ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО КОРЕЛЯТОРА

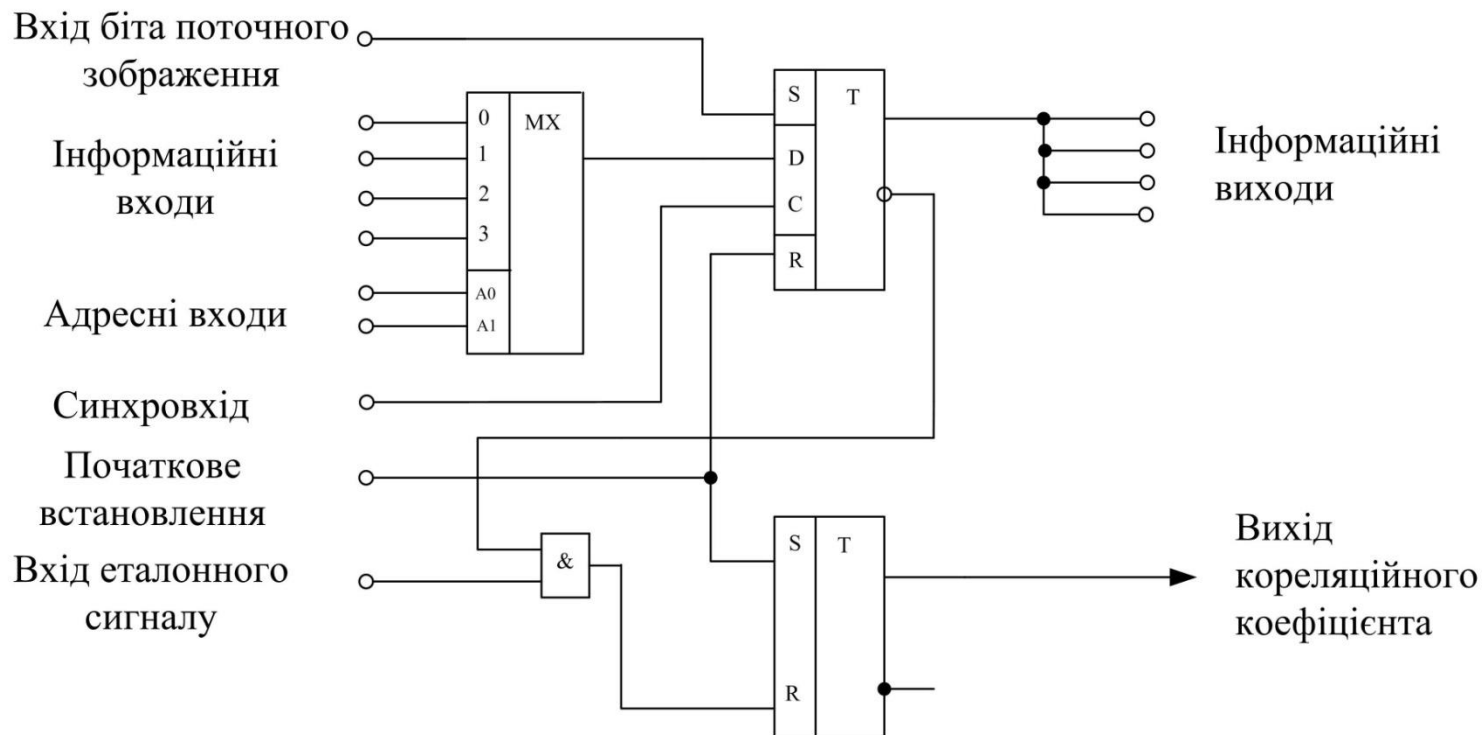
Слайд 9

Патент № 105178 “Корелятор”
від 10.03.2016



- 1 – ij -та обчислювальна комірка;
- 2 – адресний вхід;
- 3 – синхровхід;
- 4 – вхід початкового встановлення;
- 5 – вхід еталонного сигналу;
- 6 – інформаційний вхід;
- 7 – інформаційний вихід;
- 8-11 - інформаційні входи;
- 12-15 - інформаційні виходи;
- 16-18 – керуючі входи,
- 19 - вхід еталонного сигналу.

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ КОМІРКИ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ МАТРИЦІ



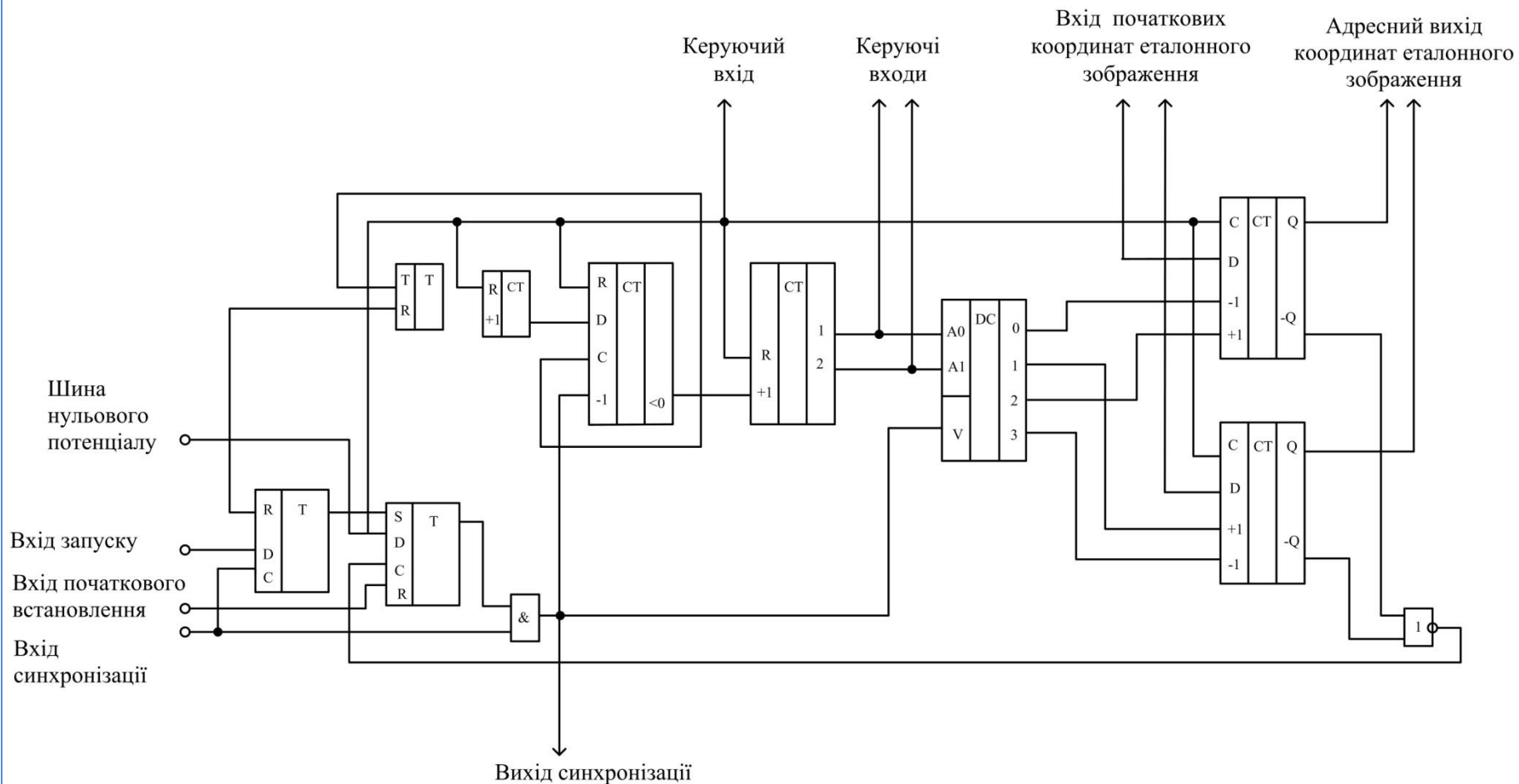
В операційно-транзитному режимі в кожній обчислювальній комірці формується елемент кореляційного рельєфу вигляду:

$$\tau_{ij}^l = g_l \cdot f_{ij},$$

$$g_l = \varphi(g_{ij}),$$

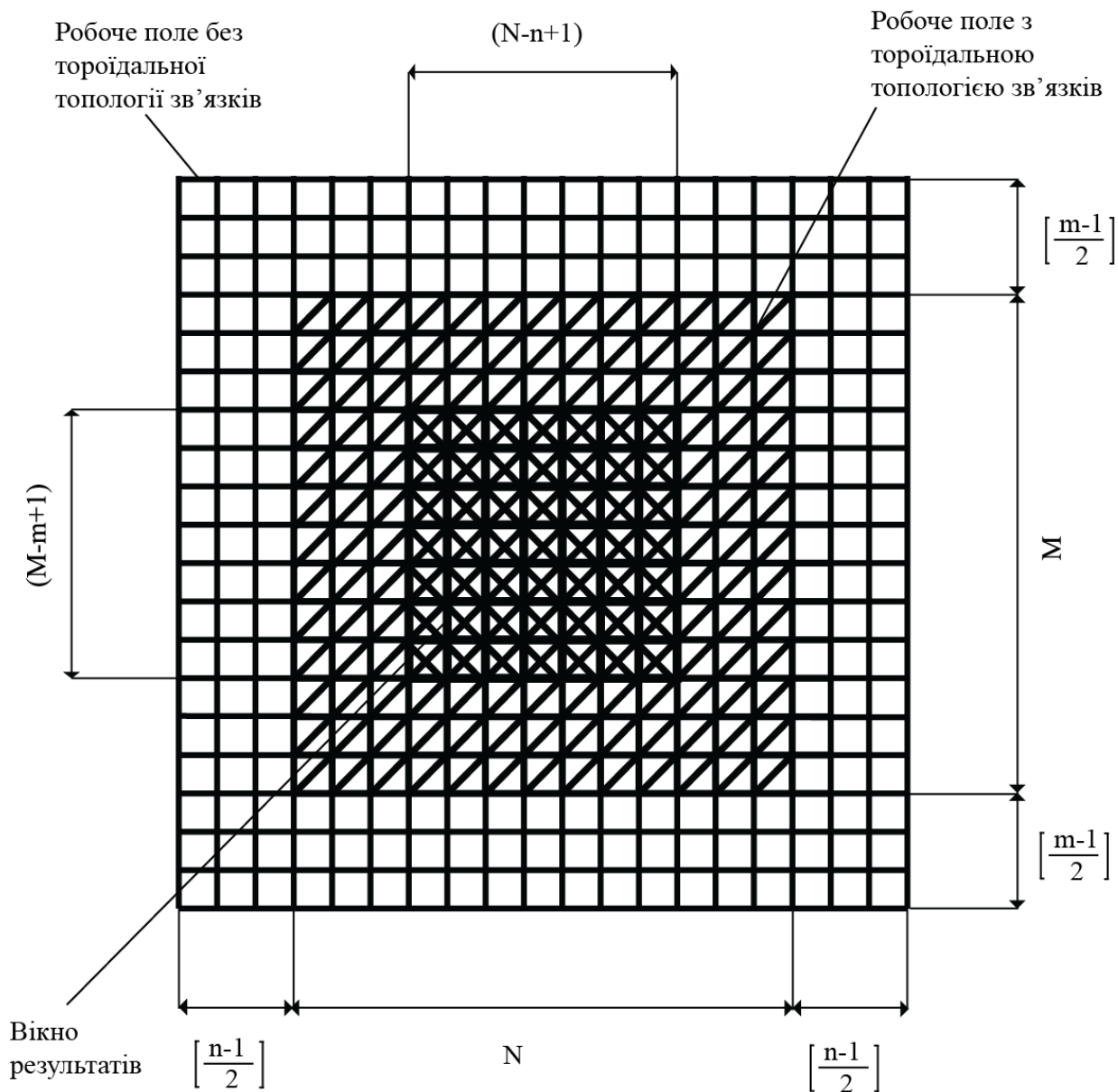
де функція $\varphi(g_{ij})$ визначає спосіб сканування еталонного зображення G .

СХЕМА БЛОКА КЕРУВАННЯ ДЛЯ ОПТОЕЛЕКТРОННОГО КОРЕЛЯТОРА

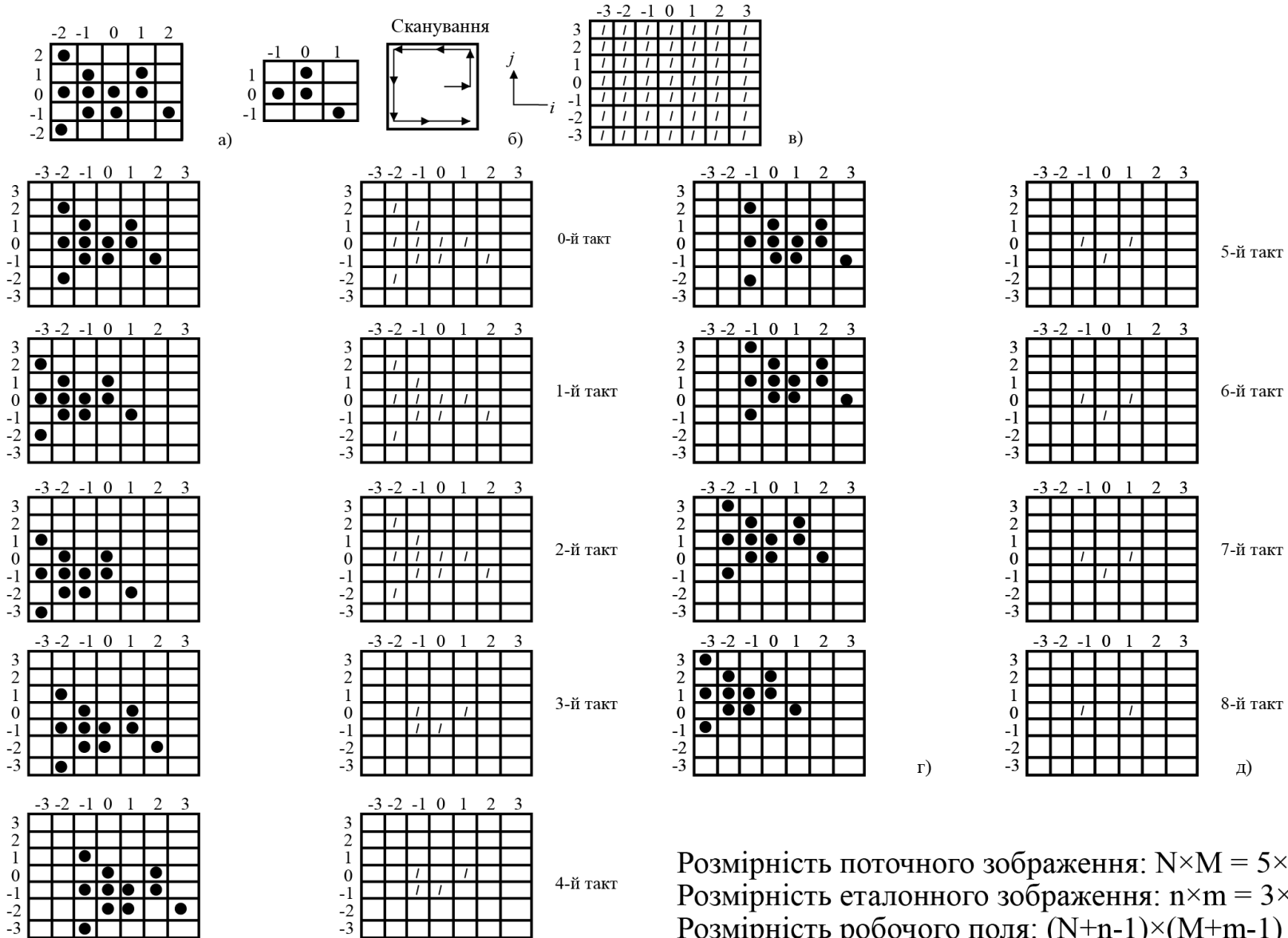


ГРАФІЧНЕ ПОДАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ МАТРИЦІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ КОМІРОК

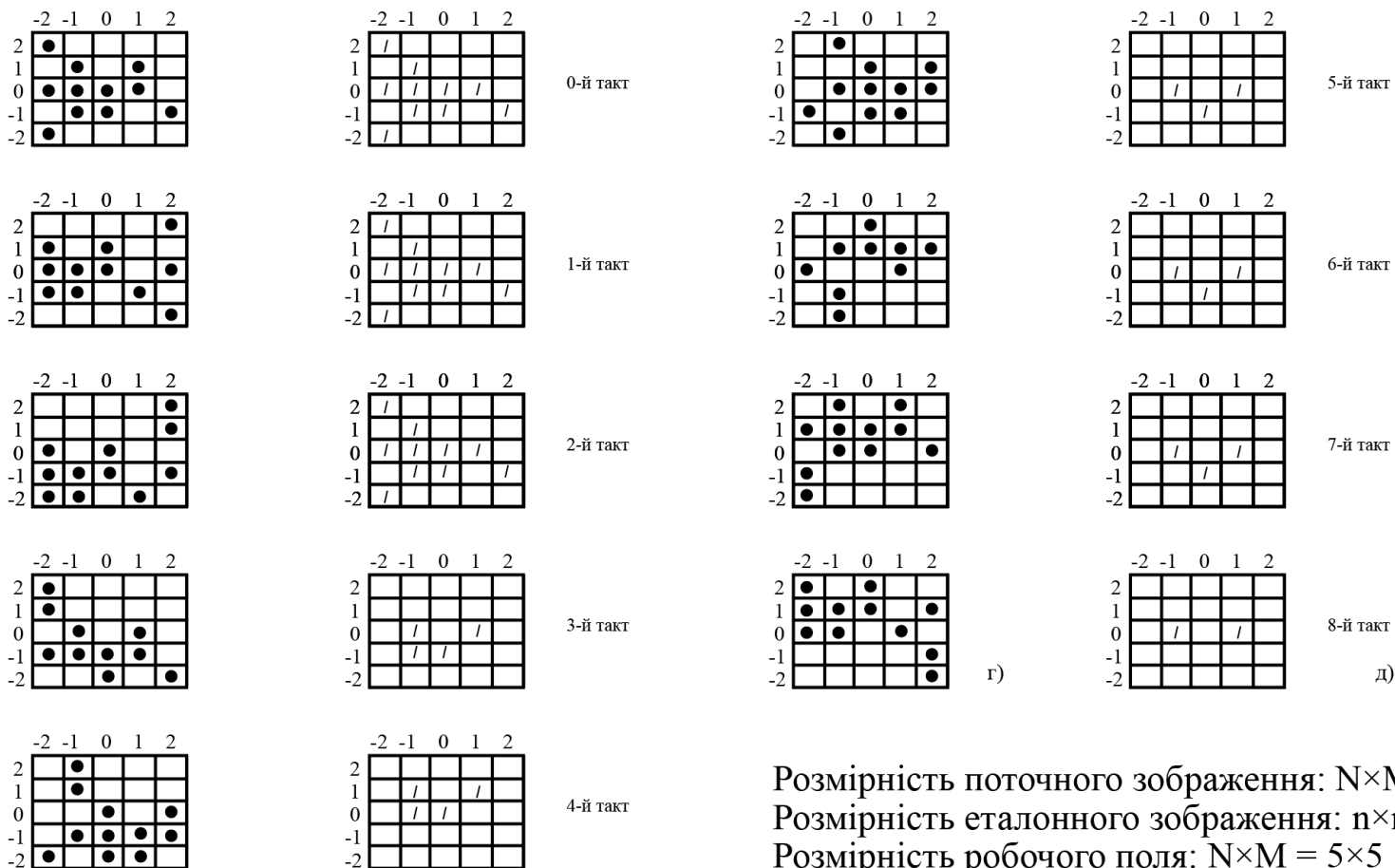
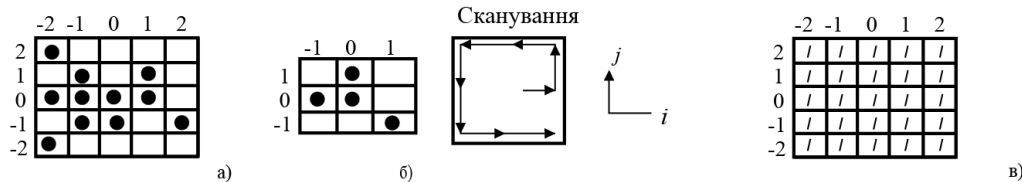
Слайд 12



ПРИКЛАД НОРМАЛІЗОВАНОЇ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ДВОВИМІРНИХ БІНАРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ



ПРИКЛАД НОРМАЛІЗОВАНОЇ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ДВОВІМІРНИХ БІНАРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ТОРОЇДАЛЬНОЮ ТОПОЛОГІЄЮ ЗВ'ЯЗКІВ



Розмірність поточного зображення: $N \times M = 5 \times 5$
 Розмірність еталонного зображення: $n \times m = 3 \times 3$
 Розмірність робочого поля: $N \times M = 5 \times 5$

РОБОЧІ ПАРАМЕТРИ ПЛІС СІМЕЙСТВА FLEX10K ФІРМИ ALTERA

Слайд 15

Позначення	Опис	Min	Max	Одиниця вимірювання
V_{CCINT}	Напруга живлення для внутрішньої логіки НВІС і вхідних буферів	4,75	5,25	В
V_{CCIO}	Напруга живлення для вихідних буферів при 5,0 в рівні вихідних сигналів	4,75	5,25	В
	Напруга живлення для вихідних буферів при 3,3В рівні вихідних сигналів	3,0	3,6	°C
T_A	Робочий температурний діапазон (комерційне виконання)	0	+70	°C
	(Індустріальне виконання)	-40	+85	нс
t_R	Тривалість фронту вхідного сигналу		40	нс
t_F	Тривалість спаду вхідного сигналу		40	В
V_{IH}		2,0	$V_{CCIO}+0,3$	В
V_{IL}		-0,3	+0,8	В
V_{OH}	5,0В вихід $I_{OH} = -4mA$; $V_{CCIO} = 4,75V$	2,4		В
	3,3В вихід $I_{OH} = -4mA$; $V_{CCIO} = 3,0V$	2,4		В
V_{OL}	5,0В вихід $I_{OL} = 12mA$; $V_{CCIO} = 4,75V$		0,45	В
	3,3В вихід $I_{OL} = 12mA$; $V_{CCIO} = 3,0V$		0,45	В
I_I	Вхідний струм витоку	-10	10	мкА
I_{OZ}	Струм витоку в Z стані	-40	40	мкА
I_{CCO}	Струм споживання при відсутності навантаження і перемикань $V_{CCINT} = 5,0V$		500	мкА



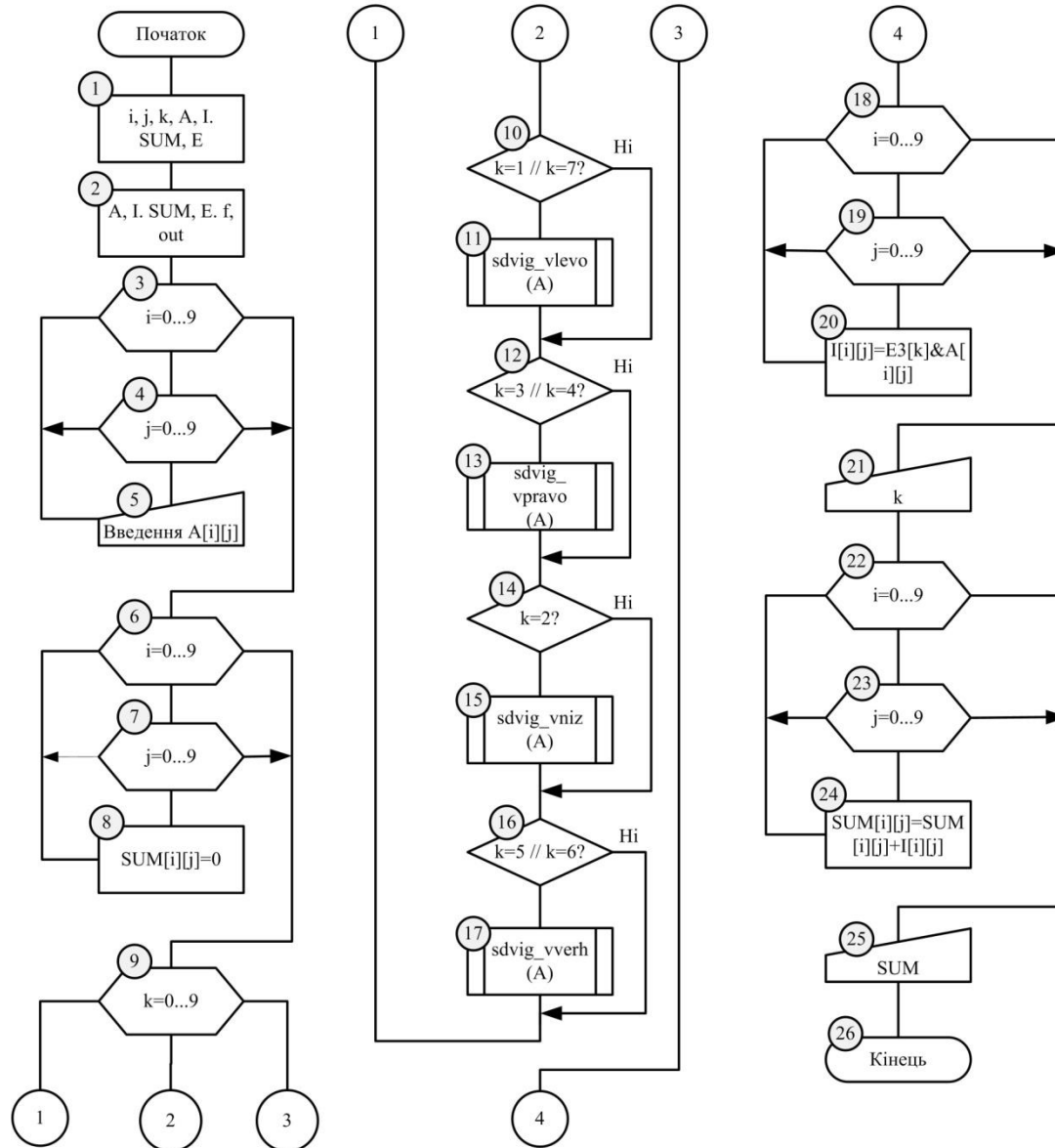
Зовнішній вигляд мікросхеми
ПЛІС

Параметр	Значення
Кількість елементів	8x8
Матеріал	GaAsP/GaP
Пікова довжина хвилі, нм	590
Полуширина спектральної лінії, нм	35
Ємність, пФ	10
Пряма напруга, В	2,5
Зворотний струм, μ А	10
Розсіювання потужності, мВт	105
DC Пропускний струм, мА	30
Максимальний прямий струм, мА	150
Зворотна напруга, В	5
Робоча температура зберігання, °С	-40 до +85
Ведуча температура пайки, °С	260
I _v , мКд	2200-5600
Виробник	Kingbright, Taiwan



Зовнішній вигляд світлодіодної матриці TA15-11YWA

БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ



ВИСНОВКИ

1. Аналіз методів та засобів апаратної реалізації кореляційної обробки показав, що на даний момент існує можливість вдосконалення існуючих кореляторів, наприклад, у вигляді цифрових матричних кореляторів на перспективній оптоелектронній елементній базі.
2. Розроблено структурну схему оптоелектронного матричного корелятора, який містить матрицю світлодіодів, підключену до кореляційної матриці, що дозволяє збільшити наочність результату, оскільки одиничне значення зберігають тільки максимуми на робочому кореляційному полі.
3. Розроблено функціональну схему блока керування для оптоелектронного корелятора, що дозволяє реалізувати ритмічну роботу всіх вузлів оптоелектронного матричного корелятора, а разом з тороїдальною топологією зв'язків між елементами кореляційної матриці зменшити апаратні витрати оптоелектронного корелятора.

4. Розроблено блок-схему і програму імітаційного моделювання процесу кореляційної обробки, результати якого підтвердили слушність нормалізації процесу крос-кореляції, в основі якого лежить реалізація тороїдальної топології зв'язків між крайніми комірками у рядках и стовпцях матриці
5. Проведено розрахунки теперішньої вартості інвестиції, очікуваного збільшення прибутку, абсолютної ефективності вкладених інвестицій, відносної ефективності вкладених в наукову розробку інвестиції, терміну окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій, а також була побудована вісь часу зі всіма платежами економічної частини, які показали, що фінансування оптоелектронного матричного корелятора є доцільним.

**Дякую за
увагу!**